



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : F01K 23/10, F22B 1/18, F01K 17/02	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/25957  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Mai 1999 (27.05.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03392  (22) Internationales Anmeldedatum: 17. November 1998 (17.11.98)  (30) Prioritätsdaten: 197 50 930.4 17. November 1997 (17.11.97) DE  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEISTE, Volker [DE/DE]; Am Meilwald 17, D-91054 Erlangen (DE). GANZER, Win- fried [DE/DE]; Effeltricher Strasse 2, D-91077 Neunkirchen am Brand (DE). SCHMID, Erich [DE/DE]; Am Ziegelacker 18, D-91080 Marloffstein (DE).  (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: AU, CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

(54) Title: GAS AND STEAM TURBINE FACILITY AND A METHOD FOR OPERATING SUCH A FACILITY

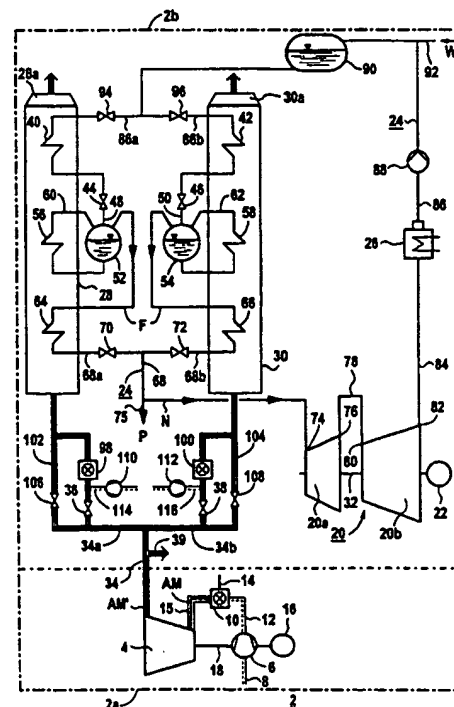
**(54) Bezeichnung:** GAS- UND DAMPTURBINENANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER DERARTIGEN ANLAGE

**(57) Abstract**

The invention relates to a gas and steam turbine facility (2) with a number of waste heat steam generators (28, 30) which are connected in series on the flue gas side of a gas turbine (4). The heating surfaces of said steam generators are connected to the water-steam circuit (24) of a steam turbine (20). The inventive facility should guarantee an especially high reliability during the production of processed steam (P) with an especially low technical expenditure. To this end, a gas turbine combustor (98, 100) is provided for each waste heat steam generator (28, 30).

### (57) Zusammenfassung

Eine Gas- und Dampfturbinenanlage (2) mit einer Anzahl einer Gasturbine (4) rauchgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeugern (28, 30), deren Heizflächen in den Wasser-Dampf-Kreislauf (24) einer Dampfturbine (20) geschaltet sind, soll mit besonders geringem technischen Aufwand eine besonders hohe Zuverlässigkeit bei der Produktion von Prozeßdampf (P) gewährleisten. Dazu ist erfindungsgemäß für jeden Abhitzedampferzeuger (28, 30) eine Brennkammer (98, 100) vorgesehen.



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Beschreibung

Gas- und Dampfturbinenanlage und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Anlage

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Gas- und Dampfturbinenanlage mit einer Anzahl von einer Gasturbine rauchgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeugern, deren Heizflächen jeweils in den Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbine geschaltet sind. Sie betrifft weiter ein Verfahren zum Betreiben einer Gas- und Dampfturbinenanlage.

Bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage wird die im entspannten Arbeitsmittel (Rauchgas) aus der Gasturbine enthaltene Wärme zur Erzeugung von Dampf als Nutzdampf für die Dampfturbine oder als Prozeßdampf für einen angeschlossenen industriellen Prozeß genutzt. Die Wärmeübertragung erfolgt üblicherweise in einem der Gasturbine rauchgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger, in dem Heizflächen in Form von Rohren oder Rohrbündeln angeordnet sind. Dabei kann ein einziger oder auch eine Mehrzahl von Abhitzedampferzeugern vorgesehen sein. Diese wiederum sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine geschaltet. Der Wasser-Dampf-Kreislauf umfaßt üblicherweise mehrere, beispielsweise zwei, Druckstufen, wobei jede Druckstufe eine Vorwärm- und eine Verdampferheizfläche aufweist. Zur Auskopplung des Prozeßdampfs kann dabei eine Dampfableitung an geeigneter Stelle angeschlossen sein.

Der im Abhitzedampferzeuger erzeugte Nutzdampf wird der Dampfturbine zugeführt, wo er sich arbeitsleistend entspannt. Die Dampfturbine kann dabei eine Anzahl von Druckstufen umfassen, die in ihrer Zahl und Auslegung an die Auslegung des Abhitzedampferzeugers angepaßt sind. Der in der Dampfturbine entspannte Dampf wird üblicherweise einem Kondensator zugeführt und kondensiert dort. Das bei der Kondensation des Dampfes entstehende Kondensat wird dem Abhitzedampferzeuger

als Speisewasser neu zugeführt, so daß ein geschlossener Wasser-Dampf-Kreislauf entsteht.

Auch eine Anlage, bei der die Auskopplung von Prozeßdampf für einen Prozeß, beispielsweise einen chemischen Prozeß vorgesehen ist, kann eine Gasturbine in Kombination mit einer Dampfturbine aufweisen. Bei einer derartigen Anlage ist jedoch als wesentliches Auslegungskriterium zu berücksichtigen, daß die Prozeßdampfproduktion beim Betrieb des angeschlossenen Prozesses auch bei variierenden Lastzuständen einen vorgebbaren Sollwert immer übersteigt. Eine hierzu ausreichende Abwärmeleistung der Gasturbine ist jedoch in der Regel nicht gegeben. Deswegen kann eine Zusatzbefeuerung des Abhitzekeessels durch Kanalbrenner vorgesehen sein.

Da derartige Kanalbrenner bei Installation in ungekühlten Kanälen in ihrem Leistungsvermögen eingeschränkt sind, ist üblicherweise für eine besonders sichere bzw. ausreichende Prozeßdampfproduktion eine Mehrzahl von separat befeuerten Ersatz-Prozeßdampfkesseln vorgesehen. Diese werden bei einem Störfall der Gasturbine und einem damit verbundenen Ausfall des Abhitzedampferzeugers hochgefahren, um die notwendige Versorgung mit Prozeßdampf sicherzustellen. Bei der Aktivierung dieser Ersatz-Prozeßdampfkessel kommt es jedoch aufgrund der thermischen Trägheit zu einem deutlichen Einbruch bei der Prozeßdampfproduktion. Denn es dauert eine vergleichsweise lange Zeit, beispielsweise bis zu 10 Minuten, bis die Ersatz-Prozeßdampfkessel ein ausreichendes Leistungsniveau erreicht haben und die Prozeßdampfproduktion wieder den vorgegebenen Sollwert erreicht oder übersteigt. Zudem ist die Errichtung der Ersatz-Prozeßdampfkessel besonders aufwendig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Gas- und Dampfturbinenanlage der oben genannten Art anzugeben, bei der mit besonders geringem technischem Aufwand eine besonders hohe Zuverlässigkeit und eine große Leistungsbandbreite bei der Produktion des Prozeßdampfes gewährleistet ist. Zudem

soll ein besonders geeignetes Verfahren zum Betreiben einer derartigen Anlage angegeben werden.

Bezüglich der Gas- und Dampfturbinenanlage wird diese Aufgabe  
5 erfindungsgemäß gelöst, indem jeder Abhitzedampferzeuger jeweils mit einer Brennkammer versehen ist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß die Gas- und Dampfturbinenanlage mit besonders geringem technischen  
10 Aufwand bereitstellbar ist, wenn eine ausreichende Produktion des Prozeßdampfes auch bei einem Verzicht auf die Ersatz-Prozeßdampfkessel sichergestellt ist. Dies ist möglich, indem der oder die Abhitzekessel derart konzipiert sind, daß sie auch bei einem Ausfall der Gasturbine zur Erzeugung einer  
15 ausreichenden Menge an Prozeßdampf geeignet sind. Dazu ist jedem Abhitzedampferzeuger eine Brennkammer zugeordnet, die in der Art einer Zusatzfeuerung zusätzlich zur Beheizung des Abhitzedampferzeugers über das Rauchgas aus der Gasturbine zuschaltbar ist. Hierbei können die Zusatzfeuerungen in den  
20 jeweiligen Brennkammern derart ausgelegt sein, daß sie beispielsweise 70% eines vorgegebenen Sollwertes einer Prozeßdampfproduktion gewährleisten.

Die Anordnung der Brennkammern rauchgasseitig nach der  
25 Gasturbine und vor den Abhitzedampferzeugern ermöglicht es, die Brennkammern auch im Störfall der Gasturbine zur Prozeßdampfproduktion heranzuziehen. Bei einer Störung der Gasturbine ist dann eine ausreichende Prozeßdampfproduktion auch in besonders kurzer Zeit gewährleistet. Denn bezüglich der Pro-  
30 zeßdampfproduktion ist kein Umschalten vom Abhitzedampferzeuger auf einen (nicht vorgewärmten) Ersatz-Prozeßdampfkessel erforderlich. Ein Einbruch in der Prozeßdampfproduktion findet somit nur in besonders geringem Maße statt.

35 Um eine besonders sichere Prozeßdampfproduktion zu gewährleisten, erweist es sich als besonders günstig, wenn einer Mehrzahl von Abhitzedampferzeugern jeweils eine Brennkammer zuge-

ordnet ist. Denn dann kann bei einem Ausfall einer ersten Brennkammer eine zweite Brennkammer einen vorgegebenen Sollwert der Prozeßdampfproduktion sicherstellen. Dabei ist vorteilhafterweise ein erster Abhitzedampferzeuger einem zweiten  
5 Abhitzedampferzeuger sowohl rauchgasseitig als auch wasserdampf-seitig parallel geschaltet.

Vorteilhafterweise ist die Brennkammer jedes Abhitzedampferzeugers rauchgasseitig jeweils über eine Umführungsleitung  
10 umführbar. Dann kann nämlich der jeweilige Abhitzedampferzeuger mit oder ohne Zusatzfeuerung betrieben werden. Dadurch ist ein besonders flexibler Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage möglich.

15 Der oder jeder Abhitzekessel kann als Durchlaufdampferzeuger ausgelegt sein. Um den Einbruch der Prozeßdampfproduktion bei einem Störfall der Gasturbine jedoch besonders gering zu halten, weist vorteilhafterweise jeder Abhitzedampferzeuger in der Art eines Umlaufdampferzeugers eine Verdampferheizfläche  
20 auf, die mit einer ihr zugeordneten Wasser-Dampf-Trommel einen Umlauf bildet. Denn in den Trommelkesseln ist beim Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage eine gewisse Energiemenge gespeichert. Diese wird beim Ausfall der Gasturbine zunächst zur Dampferzeugung herangezogen und kann somit die  
25 Übergangszeit bis zum Erreichen der geforderten Brennerleistung decken. Auf diese Weise ist ein besonders geringer Einbruch der Prozeßdampfproduktion gewährleistet.

Bezüglich des Verfahrens wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem die Feuerungsleistung jeder Brennkammer in Abhängigkeit vom Lastzustand der Gasturbine derart  
30 eingestellt wird, daß unabhängig vom Lastzustand der Gasturbine die Prozeßdampfproduktion einen vorgebbaren Sollwert übersteigt. Mit anderen Worten: Die Prozeßdampfproduktion befindet sich beim Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage  
35 stets oberhalb eines vorgegebenen Sollwerts. Die hierfür erforderliche Wärmemenge wird von der Gasturbine und den den

jeweiligen Abhitzedampferzeugern vorgeschalteten Brennkammern bereitgestellt. Verringert sich der Lastzustand der Gasturbine, so wird die Befeuernng der Brennkammern derart erhöht, daß eine Minderleistung der Gasturbine durch die Brennkammern kompensiert wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß mit besonders geringem technischen Aufwand eine besonders sichere Prozeßdampfproduktion gewährleistet ist. Die den jeweiligen Abhitzedampferzeugern vorgeschalteten Brennkammern stellen beim Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage die über die Gasturbine hinaus erforderliche Wärmemenge für die Prozeßdampfproduktion bereit. Bei einem Ausfall der Gasturbine bewirken die Brennkammern außerdem einen besonders geringen Einbruch der Prozeßdampfproduktion. Außerdem kann aufgrund der zusätzlichen Brennkammern ein Hilfskessel zum Anfahren der Anlage entfallen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur schematisch eine Gas- und Dampfturbinenanlage.

Die in der Figur schematisch dargestellte Gas- und Dampfturbinenanlage 2 umfaßt eine Gasturbinenanlage 2a und eine Dampfturbinenanlage 2b. Die Gasturbinenanlage 2a umfaßt eine Gasturbine 4 mit angekoppeltem Luftverdichter 6. Der Luftverdichter 6 ist eingangsseitig an eine Ansaugluftleitung 8 angeschlossen. Der Gasturbine 4 ist eine Brennkammer 10 vorgeschaltet, die an eine Frischluftleitung 12 des Luftverdichters 6 angeschlossen ist. In die Brennkammer 10 der Gasturbine 4 mündet eine Brennstoffleitung 14. Zum Zuführen von Arbeitsmedium AM von der Brennkammer 10 in die Gasturbine 4 ist eine Leitung 15 vorgesehen. Die Gasturbine 4 und der Luftverdichter 6 sowie ein Generator 16 sitzen auf einer gemeinsamen Welle 18.

Die Dampfturbinenanlage 2b umfaßt eine Dampfturbine 20 mit angekoppeltem Generator 22 und in einem Wasser-Dampf-Kreislauf 24 einen der Dampfturbine 20 nachgeschalteten Hauptkondensator 26 sowie einen ersten Abhitzedampferzeuger 28 und  
5 einen zweiten Abhitzedampferzeuger 30. Der erste Abhitzedampferzeuger 28 und der zweite Abhitzedampferzeuger 30 sind dabei sowohl rauchgasseitig als auch wasser-dampf-seitig parallel geschaltet. Die Dampfturbine 20 besteht aus einer ersten Druckstufe oder einem Hochdruckteil 20a und einer zweiten  
10 Druckstufe oder einem Niederdruckteil 20b, die über eine gemeinsame Welle 32 den Generator 22 antreiben.

Zum Zuführen von in der Gasturbine 4 entspanntem Arbeitsmittel AM' oder Rauchgas in die Abhitzedampferzeuger 28 und 30  
15 ist eine Abgasleitung 34 vorgesehen. Die Abgasleitung 34 verzweigt sich in eine erste, in den ersten Abhitzedampferzeuger 28 mündende Teilabgasleitung 34a und in eine zweite, in den Abhitzedampferzeuger 30 mündende Teilabgasleitung 34b. Die Teilabgasleitung 34a ist mit einem Ventil 36, die Teilabgasleitung 34b ist mit einem Ventil 38 absperrbar. Die Abhitzedampferzeuger 28, 30 sind über einen Kamin 39 umführbar.  
20

Das entspannte Arbeitsmittel AM' aus der Gasturbine 4 verläßt den Abhitzedampferzeuger 28 über dessen Ausgang 28a in Richtung auf einen nicht näher dargestellten Kamin. Beim Abhitzedampferzeuger 30 entspricht dies dem Ausgang 30a.  
25

Jeder Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 umfaßt jeweils in einer ersten Druckstufe oder Hochdruckstufe des Wasser-Dampf-Kreislaufs 24 einen Hochdruckvorwärmer oder Economizer 40 bzw. 42.  
30 Diese sind jeweils über eine mit einem jeweiligen Ventil 44 bzw. 46 absperrbare Leitung 48 bzw. 50 an jeweils eine Hochdrucktrommel 52 bzw. 54 angeschlossen. Die Hochdrucktrommeln 52, 54 sind jeweils mit einem in den Abhitzedampferzeugern 28 bzw. 30 angeordneten Hochdruckverdampfer 56 bzw. 58  
35 zur Bildung eines jeweiligen Wasser-Dampf-Umlaufs 60 bzw. 62 verbunden. Zum Abführen von Frischdampf F sind die Hochdruck-



trommeln 52, 54 jeweils an einen im jeweiligen Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 angeordneten Hochdrucküberhitzer 64 bzw. 66 angeschlossen. Die Dampfleitung 68a des Hochdrucküberhitzers 64 des Abhitzedampferzeugers 28 vereinigt sich mit der  
5 Dampfleitung 68b des Hochdrucküberhitzers 66 des Abhitzedampferzeugers 30 in eine gemeinsame Dampfleitung 68. Die Dampfleitung 68a ist dabei mit einem Ventil 70, die Dampfleitung 68b mit einem Ventil 72 absperrbar. Zum Zuführen von Nutzdampf N in die Dampfturbine mündet die Dampfleitung 68 in  
10 den Dampfeinlaß 74 des Hochdruckteils 20a der Dampfturbine 20. Aus der Dampfleitung 68 ist Prozeßdampf P für einen angeschlossenen, beispielsweise chemischen, Prozeß über eine Dampfableitung 75 entnehmbar.

15 Der Dampfauslaß 76 des Hochdruckteils 20a der Dampfturbine 20 ist über eine Überströmleitung 78 mit dem Dampfeinlaß 80 des Niederdruckteils 20b der Dampfturbine 20 verbunden. Der Dampfauslaß 82 des Niederdruckteils 20b der Dampfturbine 20 ist über eine Dampfleitung 84 an den Hauptkondensator 26 angeschlossen. Dieser ist über eine Speisewasserleitung 86, in  
20 die eine Speisewasserpumpe 88 und ein Speisewasserbehälter 90 geschaltet sind, mit den Abhitzedampferzeugern 28 bzw. 30 verbunden.

25 Zum Zuführen von Wasser W mündet eine Leitung 92 in die Speisewasserleitung 86. Die Speisewasserleitung 86 verzweigt sich in eine erste, mit einem Ventil 94 absperrbare Teilleitung 86a und in eine zweite, mit einem Ventil 96 absperrbare Teilleitung 86b. Die Teilleitung 86a mündet in den Economizer 40 des Abhitzedampferzeugers 28, die Teilleitung 86b mündet in den Economizer 42 des Abhitzedampferzeugers 30, so daß  
30 ein geschlossener Wasser-Dampf-Kreislauf 24 entsteht.

In dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur ist lediglich eine  
35 erste Druckstufe des Wasser-Dampf-Kreislaufs 24 detailliert dargestellt. Im Abhitzedampferzeuger 28 und im Abhitzedampferzeuger 30 können jeweils noch weitere, nicht näher darge-

stellte Heizflächen angeordnet sein, die jeweils einer Mittel- oder einer Niederdruckstufe des Wasser-Dampf-Kreislaufs 24 zugeordnet sind. Diese Heizflächen sind in geeigneter Weise mit dem Dampfeinlaß 74 des Hochdruckteils 20a der Dampfturbine 20 oder mit dem Dampfeinlaß 80 des Niederdruckteils 20b der Dampfturbine 20 verbunden.

Alternativ können die Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 auch als Durchlaufdampferzeuger ausgeführt sein. In einem Durchlaufdampferzeuger führt die Beheizung eines Verdampfers oder einer Verdampferheizfläche zu einer vollständigen Verdampfung des Strömungsmediums im Verdampfer in einem Durchgang. Das Strömungsmedium wird nach seiner Verdampfung üblicherweise einem dem Verdampfer nachgeschalteten Überhitzer zugeführt und dort erhitzt.

Die Gas- und Dampfturbinenanlage 2 ist für eine besonders sichere Prozeßdampfversorgung ausgelegt. Hierfür weisen der Abhitzedampferzeuger 28 eine ihm zugeordnete Brennkammer 98 und der Abhitzedampferzeuger 30 eine ihm zugeordnete Brennkammer 100 auf. Diese sind jeweils in die Teilabgasleitungen 34a bzw. 34b geschaltet. Jede der Brennkammern 98, 100 ist mit einer Umführungsleitung 102 bzw. 104 umführbar. Die Umführungsleitungen 102, 104 sind jeweils mit einem Ventil 106 bzw. 108 absperrbar. Außerdem ist jeder Brennkammer 98, 100 ein Luftverdichter 110 bzw. 112 zugeordnet. Die Luftverdichter 110, 112 sind jeweils an eine in die jeweilige Teilabgasleitung 34a bzw. 34b mündende Frischluftleitung 114 bzw. 116 angeschlossen.

Die Brennkammern 98, 100 sind jeweils derart ausgelegt, daß ihre Zusatzfeuerung 70% der erforderlichen Produktion des Prozeßdampfes P gewährleistet. Auf diese Weise kann auch bei einem Ausfall einer der beiden Brennkammern 98 bzw. 100 immer noch 70% der ursprünglichen Frischdampfleistung gefahren werden. Auch können zusätzlich weitere nicht dargestellte Hilfsabhitzedampferzeuger vorgesehen sein. Diese können bei einem

Ausfall der Brennkammern 98 bzw. 100 die Produktion des Prozeßdampfes P sicherstellen.

Beim Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage 2 liefert die Gasturbine 4 die Hauptwärmeleistung entweder in einen der beiden Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 oder in beide. Die zusätzlich angeordneten Brennkammern 98 bzw. 100 decken beim Betrieb der Gas- und Dampfturbinenanlage 2 die für die Produktion des Prozeßdampfes P erforderliche Wärmemenge, die nicht von der Gasturbine bereitgestellt wird. Verringert sich der Lastzustand der Gasturbine 4, so wird die nun fehlende Wärmemenge mittels der Brennkammern 98 bzw. 100 ausgeglichen. Dies kann durch eine Aktivierung von Zusatzbrennern in den Brennkammern 98 bzw. 100 geschehen. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß unabhängig vom Lastzustand der Gasturbine 4 die Produktion des Prozeßdampfes P einen vorgegebenen Sollwert übersteigt.

Bei einem Störfall der Gasturbine 4 wird die Feuerungsleistung der Brennkammern 98 bzw. 100 entsprechend dem erforderlichen Wärmeeintrag zur Sicherstellung des Bedarfs an Prozeßdampf P erhöht. Die Verbrennungsluft wird dabei von den den jeweiligen Brennkammern 98, 100 zugeordneten Luftverdichtern 110, 112 bereitgestellt, die bei einem Störfall der Gasturbine 4 sofort aktiviert werden. Die Übergangszeit, bis in den Brennkammern 98 bzw. 100 die erforderlichen Wärmemengen bereitstellbar sind, kann durch die in den Hochdrucktrommeln 52 bzw. 54 mit den ihnen jeweils zugeordneten Wasserdampf-Umläufen 60 bzw. 62 gespeicherte Energiemenge überbrückt werden. Denn diese Energiemenge kann für eine kurze Übergangszeit die für die Produktion des Prozeßdampfes P erforderliche Wärmemenge bereitstellen. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß ein Einbruch in der Produktion des Prozeßdampfes P nur in besonders geringem Maß stattfindet.

35

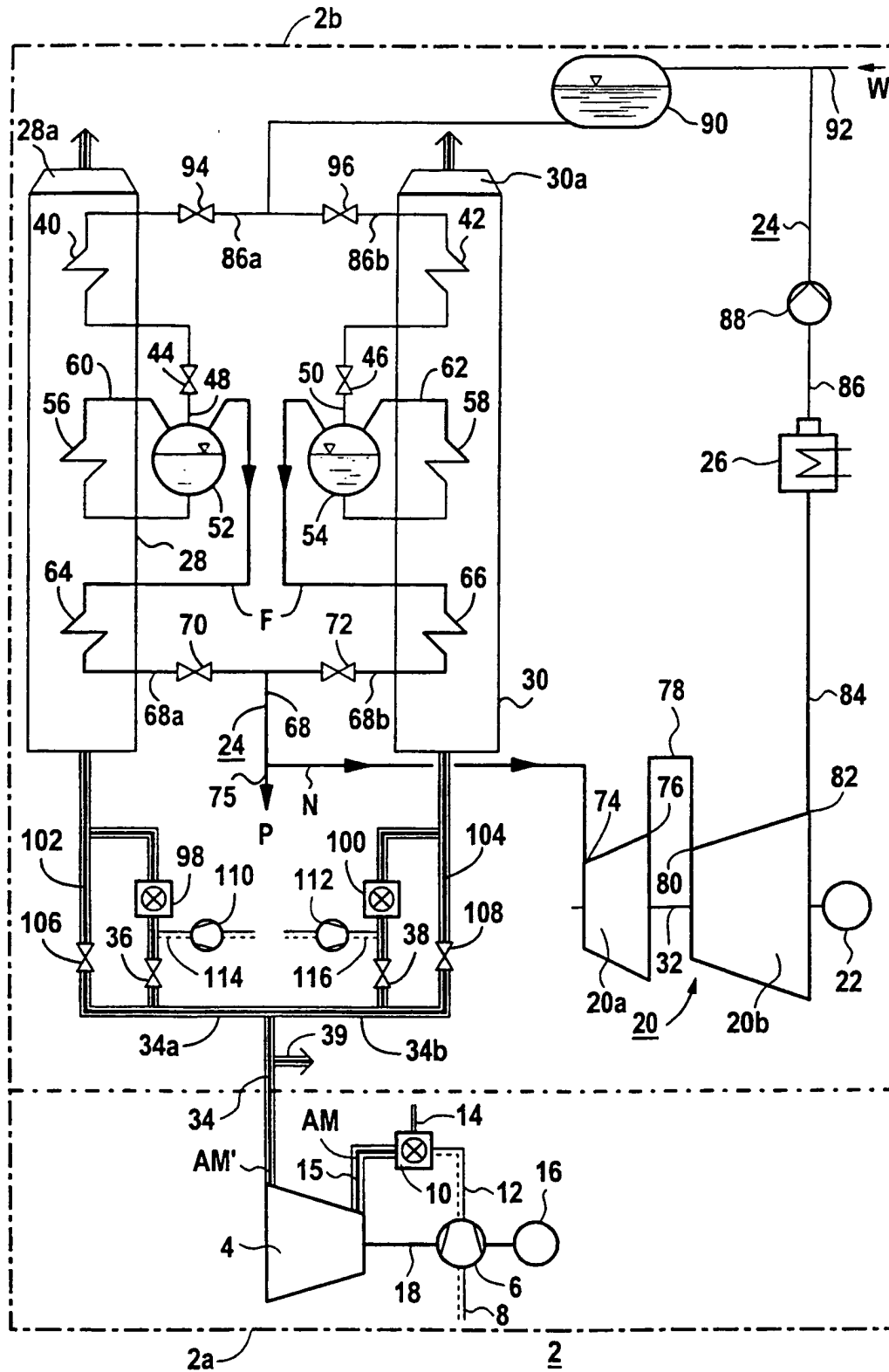
Dadurch, daß jedem der Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 eine Brennkammer 98 bzw. 100 zugeordnet ist, kann auf eine weitere

Zusatzbefeuerung innerhalb des jeweiligen Abhitzedampferzeugers 28 bzw. 30, beispielsweise in der Art von Kanalbrennern, verzichtet werden. Auf diese Weise ist eine derartige Anlage mit besonders geringem technischem Aufwand erstellbar. Der  
5 Platzbedarf der Abhitzedampferzeuger 28 bzw. 30 fällt auf diese Weise auch besonders gering aus. Die Gas- und Dampfturbinenanlage 2 benötigt auch keine zusätzlichen Prozeßdampfkessel zur Besicherung der Prozeßdampfproduktion. Diese ist durch die Brennkammern 98 bzw. 100 sichergestellt.

## Patentansprüche

1. Gas- und Dampfturbinenanlage (2) mit einer Anzahl von einer Gasturbine (4) rauchgasseitig nachgeschalteten Abhitze-  
5 dampferzeugern (28, 30), deren Heizflächen jeweils in den Wasser-Dampf-Kreislauf (24) einer Dampfturbine (20) geschaltet sind, wobei jeder Abhitzedampferzeuger (28, 30) jeweils mit einer Brennkammer (98, 100) versehen ist.
- 10 2. Gas- und Dampfturbinenanlage (2) nach Anspruch 1, bei der ein erster Abhitzedampferzeuger (28) einem zweiten Abhitzedampferzeuger (30) sowohl rauchgasseitig als auch wasserdampf-seitig parallel geschaltet ist.
- 15 3. Gas- und Dampfturbinenanlage (2) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Brennkammer (98, 100) jedes Abhitzedampferzeugers (28, 30) rauchgasseitig jeweils über eine Umführungsleitung (102, 104) umführbar ist.
- 20 4. Gas- und Dampfturbinenanlage (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der jeder Abhitzedampferzeuger (28, 30) in der Art eines Umlaufdampferzeugers eine Verdampferheizfläche (56, 58) aufweist, die mit einer ihr jeweils zugeordneten Wasser-Dampf-Trommel (52, 54) einen Umlauf bildet.
- 25 5. Verfahren zum Betreiben einer Gas- und Dampfturbinenanlage (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem zusätzlich zu Nutzdampf (N) für die Dampfturbine (20) Prozeßdampf (P) für einen angeschlossenen Prozeß erzeugt wird, wobei die Feuer-  
30 leistung jeder Brennkammer (98, 100) in Abhängigkeit vom Lastzustand der Gasturbine (4) derart eingestellt wird, daß unabhängig vom Lastzustand der Gasturbine (4) die Produktion des Prozeßdampfes (P) einen vorgebbaren Sollwert übersteigt.

1/1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatio Application No  
PCT/DE 98/03392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 F01K23/10 F22B1/18 F01K17/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F01K F22B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	J.B.PARGA: "Covaygas - a steam to steam conversion" MARINE ENGINEERS REVIEW., August 1984, pages 15-17, XP002100267 LONDON GB see page 16, right-hand column, paragraph 2; figure 4	1,2,4
X	DE 15 26 896 A (SIEMENS) 18 June 1970 see page 3, last paragraph - page 4, last paragraph see page 7, paragraph 1 - page 8, paragraph 1	1,2,5
X	US 4 852 344 A (WARNER) 1 August 1989 see column 6, last paragraph - column 7, paragraph 1; figure 4	1,2,4
	--- -/-- ---	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 April 1999

Date of mailing of the international search report

28/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Gheel, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatio Application No  
PCT/DE 98/03392

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 557 922 A (ENERGIAGAZDALKODASI INTEZET) 12 July 1985 see page 3, line 7 - page 4, line 11; figures ---	1,2,5
X	R.KEHLHOFER: "Combined Gas/Steam Turbine Power Plants for the Cogeneration of Heat and Electricity" BROWN BOVERI REVIEW., vol. 65, no. 10, October 1978, pages 680-686, XP002100268 BADEN CH see page 681, left-hand column, line 1 - page 682, right-hand column, line 39; figures -----	1,4,5



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03392

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 557 922 A (ENERGIAGAZDALKODASI INTEZET) 12. Juli 1985. siehe Seite 3, Zeile 7 - Seite 4, Zeile 11; Abbildungen ---	1,2,5
X	R.KEHLHOFER: "Combined Gas/Steam Turbine Power Plants for the Cogeneration of Heat and Electricity" BROWN BOVERI REVIEW., Bd. 65, Nr. 10, Oktober 1978, Seiten 680-686, XP002100268 BADEN CH siehe Seite 681, linke Spalte, Zeile 1 - Seite 682, rechte Spalte, Zeile 39; Abbildungen -----	1,4,5

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 98/03392

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1526896	A	18-06-1970	KEINE	
US 4852344	A	01-08-1989	KEINE	
FR 2557922	A	12-07-1985	CH 667898 A	15-11-1988
			CS 8500062 A	17-12-1991
			DD 232738 A	05-02-1986
			DE 3447879 A	14-08-1985
			GB 2152592 A	07-08-1985
			JP 60156914 A	17-08-1985
			US 4677307 A	30-06-1987

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/03392

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1526896 A	18-06-1970	NONE	
US 4852344 A	01-08-1989	NONE	
FR 2557922 A	12-07-1985	CH 667898 A	15-11-1988
		CS 8500062 A	17-12-1991
		DD 232738 A	05-02-1986
		DE 3447879 A	14-08-1985
		GB 2152592 A	07-08-1985
		JP 60156914 A	17-08-1985
		US 4677307 A	30-06-1987

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03392

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 6 F01K23/10 F22B1/18 F01K17/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 F01K F22B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	J.B.PARGA: "Covaygas - a steam to steam conversion" MARINE ENGINEERS REVIEW., August 1984, Seiten 15-17, XP002100267 LONDON GB siehe Seite 16, rechte Spalte, Absatz 2; Abbildung 4	1,2,4
X	DE 15 26 896 A (SIEMENS) 18. Juni 1970 siehe Seite 3, letzter Absatz - Seite 4, letzter Absatz siehe Seite 7, Absatz 1 - Seite 8, Absatz 1	1,2,5
X	US 4 852 344 A (WARNER) 1. August 1989 siehe Spalte 6, letzter Absatz - Spalte 7, Absatz 1; Abbildung 4	1,2,4

-/--

<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nanenlegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
19. April 1999	28/04/1999
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Van Gheel, J

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. April 2003 (10.04.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/029618 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F01K 23/10,  
21/04

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD. [CH/CH];  
Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB02/04006

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. September 2002 (30.09.2002)

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRUTSCHI, Hans,  
Ulrich [CH/CH]; Bruggerstrasse 9, CH-5223 Riniken  
(CH). GRIFFIN, Timothy [US/CH]; Bachtalstrasse  
15, CH-5408 Ennetbaden (CH). HOLMBERG, Daniel  
[SE/CH]; Im Ergel Postfach 35, CH-5405 Baden (CH).  
SPAN, Roland [DE/DE]; Sennemühlenweg 29, 33106  
Paderborn-Sande (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

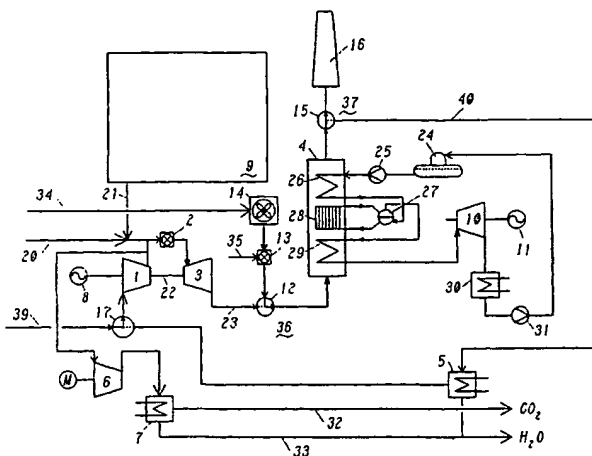
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
1809/01 1. Oktober 2001 (01.10.2001) CH

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE STARTING OF EMISSION-FREE GAS TURBINE POWER STATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ANFAHREN VON EMISSIONSFREIEN GASTURBINEN-  
KRAFTWERKEN



(57) Abstract: The invention relates to a power generation plant comprising at least one gas turbine circuit with a waste-heat boiler (4) and at least one steam-turbine circuit, driven by the waste-heat boiler (4), in which the gas-turbine circuit is a half-closed and essentially emission-free embodiment, with a compressor (1), a combustion chamber (2) arranged downstream of the compressor (1), a gas turbine (3) arranged downstream of the combustion chamber (2), a waste-heat boiler (4) arranged downstream of the gas turbine (3) and at least one generator (8) coupled to the gas turbine (3). Operating methods for stationary gas-turbine circuits and which permit starting using fresh air are used, whereby first means (12) are provided which permit alternative or supplementary hot gas to be introduced into the hot gas path (23) between the gas turbine (3) and waste-heat boiler (4) and second means are provided which permit the extraction of waste gas from the waste gas path (40) downstream of the waste-heat boiler (4).

(57) Zusammenfassung: Bei einer Krafterzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzekessel (4) und wenigstens einen über den Abhitzekessel (4) betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/029618 A1



(74) **Gemeinsamer Vertreter:** ALSTOM (SWITZERLAND) LTD.; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

einem Verdichter (1), einer stromab des Verdichters (1) angeordneten Brennkammer (2), einer stromab der Brennkammer (2) angeordneten Gasturbine (3), einem stromab der Gasturbine (3) angeordneten Abhitzekessel (4), sowie wenigstens einem an die Gasturbine (3) angekoppelten Generator (8) besteht, werden Betriebsweisen bei stillliegendem Gasturbinenkreislauf sowie ein Anfahren unter Verwendung von Frischluft ermöglicht, indem erste Mittel (12) angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad (23) zwischen Gasturbine (3) und Abhitzekessel (4) einzuschleusen, und indem zweite Mittel (15) angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzekessels (4) Abgas aus dem Abgaspfad (40) auszuschleusen.

## TITEL

Verfahren und Vorrichtung zum Anfahren von emissionsfreien  
Gasturbinenkraftwerken

## TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Krafterzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzeessel und wenigstens einen über den Abhitzeessel betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus einem Verdichter, einer stromab des Verdichters angeordneten Brennkammer, einer stromab der Brennkammer angeordneten Gasturbine, einem stromab der Gasturbine angeordneten Abhitzeessel, sowie wenigstens einem an die Gasturbine angekoppelten Generator besteht. Die Erfindung betrifft ausserdem Verfahren zur Inbetriebnahme und zum Betrieb einer derartigen Krafterzeugungsanlage.

## STAND DER TECHNIK

Im Rahmen der allgemeinen Bestrebungen, Kraftwerke zu entwickeln, welche eine möglichst geringe Umweltbelastung darstellen, gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Projekten, deren Ziel die Entwicklung emissionsfreier Gasturbinenkraftwerke mit einem halb geschlossenen  $\text{CO}_2$  /  $\text{H}_2\text{O}$  Kreislauf ist. Dabei wird das als Brennstoff verwendete Erdgas mit möglichst reinem Sauerstoff verbrannt. Unter diesen Umständen entstehen Verbrennungsgase, die praktisch nur aus Kohlendioxid und Wasser bestehen. Kondensiert man das Wasser aus dem Arbeitsmedium aus, so erhält man weitgehend reines Kohlendioxid, das durch Kompression verflüssigt und auf unterschiedliche Art und Weise verwendet oder entsorgt werden kann.

Zur Nutzung der hohen Temperaturen am Turbinenaustritt wird i.d.R. ein Dampferzeuger vorgesehen, wobei der entstehende Dampf benutzt wird, um eine Kondensationsturbine anzutreiben (bottoming steam turbine). Da die Turbinenaustrittstemperatur bei üblichen Druckverhältnissen für  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gemische höher ist als bei konventionellen Gasturbinen, liefert der Dampfkreislauf bei derartigen Systemen bis zu etwa 50% der Gesamtleistung.

Alternativ kann der erzeugte Dampf in einer Gegendruckturbine vorentspannt werden (topping steam turbine), um dann vor, in oder hinter der Brennkammer mit dem Arbeitsmedium der Gasturbine vermischt zu werden. Der eingespritzte Dampf kann dann nach Durchströmen des Abhitzekessels zusammen mit dem durch die Verbrennung entstandenen Wasser auskondensiert werden. Beide Konzepte werden im Patent EP 0 731 255 B1 detaillierter beschrieben.

Der Einsatz emissionsfreier Gasturbinenkraftwerke wird heute insbesondere im Bereich der Oel- und Gasindustrie erwogen, da das separierte Kohlendioxid dort in grossem Umfang verwendet werden kann (Enhanced Oil Recovery, EOR) und zum Teil bereits empfindliche Steuern für emittiertes Kohlendioxid gezahlt werden müssen. In der Oel- und Gasindustrie werden Kraftwerke aber häufig in einem Umfeld betrieben, in dem der Bezug von Anfahrleistung aus dem Netz schwierig oder nicht möglich ist (entlegene küstennahe Standorte, Bohrinselfn, etc.). Diese



Problematik wird bei emissionsfreien Kraftwerken des oben beschriebenen Typs dadurch erschwert, dass vor dem Anfahren der Turbine eine zumeist kryogen ausgeführte Luftzerlegungsanlage angefahren werden muss, die während eines Zeitraums von 2 bis 4 Stunden etwa 10% der Netzleistung des Kraftwerks benötigt, um einen stabilen Betriebspunkt zu erreichen.

Für einen autarken Anfahrvorgang kann bei konventionellen Gasturbinenkraftwerken Strom benutzt werden, der von den Generatoren der integrierten Dampfturbinen erzeugt wird. Als Beispiel hierfür kann eine Anordnung gemäss US Patent 5,148,668 herangezogen werden, bei welcher ein während des Betriebs aufgeladener Heisswasserspeicher den zum Anfahren benötigten Dampf liefert. Um über längere Zeit den benötigten Dampf bereitzustellen, ist in dieser Patentschrift eine Zusatzfeuerung des Heisswasserspeichers vorgesehen. Weil für emissionsfreie Kraftwerke kein schneller Start möglich ist, kann nicht auf das Konzept der Verwendung eines Heisswasserspeichers zurückgegriffen werden.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine emissionsfreie, halb geschlossene Kraftwerksanlage der obengenannten Art, das heisst gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, zur Verfügung zu stellen, welche Kraftwerksanlage einen Betrieb und ein Anfahren mit minimaler Anfahrleistung.

Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe, indem erste Mittel angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad zwischen Gasturbine und Abhitzeessel einzuschleusen, und indem zweite Mittel angeordnet werden, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzeessels Abgas aus dem Abgaspfad auszuschleusen.

Diese überraschend einfache Modifikation des Gasturbinenkreislaufes erlaubt die Beheizung des Abhitzeessels bei stillstehender oder noch nicht (oder auch nicht mehr) genügend leistungsfähiger Turbogruppe, derart, dass der

Dampfturbinenkreislauf energieerzeugend respektive insbesondere stromerzeugend betrieben werden kann. Mit anderen Worten wird der im normalen Betrieb von einem Abgasgemisch der Gasturbinenanlage durchströmte Abhitzeessel als hilfsbefeuerter Dampferzeuger betrieben. Die Generatoren der mit dem so erzeugten Dampf beaufschlagten Dampfturbinen erzeugen bei entsprechender Auslegung der Hilfsbefeuerung genügend Strom um sowohl eine ggf. für die Versorgung mit reinem Sauerstoff vorhandene Luftzerlegungsanlage als auch die Gasturbine anfahren zu können. Die Modifikation erlaubt es ausserdem, den Dampfturbinenkreislauf allein stromerzeugend zu betreiben, und die Anlage kann somit auch die Funktion eines Notstromaggregates übernehmen, was beispielsweise während eventueller Ausfallzeiten von Luftzerlegungsanlage und/oder Gasturbine notwendig werden kann. Üblicherweise wird dabei das aus dem Abgaspfad ausgeschleuste Abgas über einen Hilfskamin abgeführt.

Gemäss einer ersten, besonders einfachen und bevorzugten Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei den ersten und zweiten Mitteln um Umschaltorgane, welche das Ein- respektive Ausschleusen insbesondere über das Umstellen von Luftklappen erlauben.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird das zusätzliche, alternativ oder ergänzend in den Heissgaspfad einzuschleusende Heissgas von einem oder mehreren Hilfsbrennern zur Verfügung gestellt, welche bevorzugt über ein Gebläse mit Frischluft versorgt werden. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, das Heissgas auf andere Art und Weise zur Verfügung zu stellen, beispielsweise über Wärmetauscher, Katalysatoren, etc..

Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemässe Krafterzeugungsanlage als  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Anlage betrieben, das heisst es handelt sich dabei um einen  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf, bei welchem entstehendes  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  über entsprechende Mittel zur Kompression und/oder Mittel zur Kühlung aus dem Gasturbinenkreislauf insbesondere bevorzugt unmittelbar stromab des Verdichters abzweigend und insbesondere in fester und/oder flüssiger Form entfernt wird, wobei der Gasturbinenkreislauf insbesondere über eine Luftzerlegungsanlage mit weitgehend reinem Sauerstoff versorgt wird. Dabei kann es die

Luftzerlegungsanlage kryogen oder auf Membranverfahren basierend ausgebildet sein.

Gemäss einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Dampfturbinenkreislauf im wesentlichen geschlossen ausgebildet und weist wenigstens eine Dampfturbine und wenigstens einen daran angekoppelten Generator auf. Dabei kann der Dampfturbinenkreislauf unter alleiniger Verwendung von über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger Abführung der Abgase über die zweiten Mittel derart betrieben werden, dass der Generator genügend Energie erzeugt, um die Gasturbinenanlage und eine ggf. vorhandene Luftzerlegungsanlage in Betrieb zu nehmen, respektive um bei Ausfall der Gasturbinenanlage als Notstromaggregat zu dienen. Um den besonderen Bedürfnissen beim Anfahren respektive beim Betrieb als Notstromaggregat gerecht zu werden, kann ausserdem vorzugsweise ein weiteres Umschaltorgan stromauf des Verdichters angeordnet werden, über welches Umgebungsluft angesaugt werden kann.

Je nach Bedürfnissen kann die im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Dampfturbine als Kondensationsturbine ausgestaltet sein oder als Gegendruckturbine, deren teilentspannter Abdampf in der Gasturbine nach Einspritzung in das Kreislaufmedium vor, in, und/oder nach der Brennkammer unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt wird, wobei insbesondere ein Umschaltorgan vorgesehen ist, mit welchem der Abdampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in einen im Gasturbinenkreislauf angeordneten Kühler geleitet werden kann.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Kraftwerksanlage sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

Die vorliegende Erfindung betrifft ausserdem ein Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage wie sie oben beschrieben ist, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel in Betrieb genommen wird, dann in einer zweiten Phase ein im

Dampfturbinenkreislauf angeordneter Generator den Generator motorisch mit Strom zum Anfahren der Turbogruppe antreibt, wobei der Verdichter über eine stromauf angeordnete Luftklappe und/oder über die in beide Richtungen geöffneten zweiten Mittel Frischluft oder ein Verbrennungsgasgemisch ansaugt, durch die Brennkammer fördert, in welcher ggf. unter zusätzlicher Zufuhr von weitgehend reinem Sauerstoff Brennstoff verfeuert wird, sodass die Turbine den motorisch angetriebenen Generator zu unterstützen beginnt, und schliesslich als alleiniger Antrieb dient, wobei die heißen Abgase der Gasturbine sukzessive und am Ende vollständig die Dampferzeugung im Abhitzeessel übernehmen. Die Trennung in einzelne Phasen ist dabei nicht absolut strikt zu sehen, eine entsprechende optimale Führung des Anfahrprozesses mit teilweise überlappenden Abschnitten kann vom Fachmann ermittelt werden.

Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage wie sie oben beschrieben ist, gekennzeichnet dadurch, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel in Betrieb genommen wird, dass nach erfolgtem Selbstlauf der über eine stromauf des Verdichters angeordnete Luftklappe mit Luft als Ersatzmedium betriebenen Turbogruppe in einer zweiten Phase über die ersten und zweiten Mittel und die Luftklappe der Gasturbinenkreislauf geschlossen und der Brennkammer weitgehend reiner Sauerstoff als Oxidationsmittel zugeführt wird, wobei kontinuierlich Gas aus dem Kreislauf ausgeschleust wird, um die Zufuhr von Sauerstoff und Brennstoff zu kompensieren, und wobei sich die Zusammensetzung des umlaufenden Gases sukzessive einem Gleichgewicht nähert, in dem mit der Separation und Verflüssigung der Verbrennungsprodukte begonnen werden kann. Das Gleichgewicht ist dabei dann erreicht, wenn das Verbrennungsgasgemisch im wesentlichen nur noch aus  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  besteht und kein Stickstoff, Sauerstoff o.ä., die den Kondensationsprozess des  $\text{CO}_2$  stören könnten, mehr vorhanden sind. Dabei kann der nach der ersten Phase über den Generator verfügbare Strom wenigstens teilweise zum Betrieb der

Luftzerlegungsanlage und damit zur Bereitstellung von weitgehend reinem Sauerstoff für den Verbrennungsprozess in der Brennkammer verwendet werden.

Die erfindungsgemässe Kraftwerksanlage kann ausserdem derart gefahren werden, dass bei nicht betriebem Gasturbinenkreislauf nur der Dampfturbinenkreislauf über die Einschleusung von Heissluft mit den ersten Mitteln und über die Ausschleusung von Abgasen mit den zweiten Mitteln betrieben wird, und dass so der im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Generator Strom insbesondere im Sinne eines Notstromaggregates zur Verfügung stellt.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Verfahren sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

#### KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schema eines emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes nach dem Stand der Technik ;

Fig. 2 ein Schema eines erfindungsgemässen emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes mit Kondensationsturbine ; und

Fig. 3 ein Schema eines erfindungsgemässen emissionsfreien Gasturbinenkraftwerkes mit Gegendruckturbine.

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt das Schema eines emissionsfreien Kraftwerks mit CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O-Gasturbine und nachgeschaltetem Wasserdampfkreislauf mit

Kondensationsturbine nach dem Stand der Technik. Ein  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Turbosatz, bestehend aus einem Verdichter 1, einer Brennkammer 2, einer Turbine 3 und einem auf einer gemeinsamen Welle 22 angeordneten Generator 8 ist über einen Abhitzeessel 4 und einen als Wärmesenke dienenden Kühler 5 zu einem geschlossenen Kreislauf verschaltet. Die aus der Gasturbine 3 austretenden Heissgase werden über den Heissgaspfad 23 dem Abhitzeessel zugeführt, und die im Abhitzeessel 4 abgekühlten Abgase werden hinter dem Abhitzeessel 4 über den Abgaspfad 40 dem Kondensator 5 zugeführt. Bis zu einer durch die Kühlwassertemperatur vorgegebenen Grenze kann mit Hilfe des Kühlers 5 ein beliebiger Anteil des im Arbeitsmedium enthaltenen Wassers auskondensiert werden. Das durch die Verbrennung von z.B. Erdgas entstehende Kohlendioxid wird im stationären Betrieb von einem Kompressor 6 abgezweigt, auf den für die weitere Verwendung benötigten Druck gebracht, im Kühler 7 weiter getrocknet und verflüssigt, und aus dem Prozess über die Leitung 32 entfernt. In der Praxis wird dieser Verdichtungsprozess vorteilhaft mehrstufig mit Zwischenkühlung und -trocknung ausgeführt. Für die Oxidation des Brennstoffs in der Brennkammer 2 wird technisch reiner Sauerstoff eingesetzt, der in einer hier nicht weiter beschriebenen und nur schematisch dargestellten Luftzerlegungsanlage 9 gewonnen wird.

Der im Abhitzeessel gewonnene Wasserdampf beaufschlagt im Rahmen einer üblichen Kreislaufschaltung eine Kondensationsdampfturbine 10 mit Generator 11. Der Dampfkreislauf umfasst dabei die Kondensationsdampfturbine 10, stromab davon einen Kondensator 30, und dahinter eine Pumpe 31, welche das Kondensat einem Speisewasserbehälter/Entgaser 24 zuführt. Das Speisewasser wird hinter dem Speisewasserbehälter 24 über eine Pumpe einem im Abhitzeessel 4 angeordneten Economizer 26 und anschliessend der Dampftrommel 27 zugeführt. Die Dampftrommel 27 ist mit einem Verdampfer 28, welcher ebenfalls im Abhitzeessel angeordnet ist, verbunden, und der in der Dampftrommel 27 produzierte Dampf wird üblicherweise in einer Überhitzerstufe 29 überhitzt und anschliessend der Dampfturbine 10 zugeführt.

Um dieses System nun weitgehend autark anfahren zu können, wird die Anlage mit den in Fig. 2 dargestellten zusätzlichen Komponenten ausgerüstet. Durch

Luftklappen oder ein anders realisiertes, im Heissgaspfad 23 angeordnetes Umschaltorgan 12 wird der Abhitzekessel 4 eintrittseitig vom Turbinenaustritt auf einen oder mehrere Hilfsbrenner 13 umgeschaltet, die von einem oder mehreren Gebläsen 14 mit Luft versorgt werden. Austrittseitig wird der Abhitzekessel durch ein weiteres, im Abgaspfad 40 angeordnetes Umschaltorgan 15 mit einem Hilfskamin 16 verbunden. Ueber diesen Kamin können die in der Brennkammer 13 entstandenen Rauchgase entweichen. Auf diese Weise kann im Abhitzekessel Dampf erzeugt werden, bevor die Gasturbinenanlage 1 - 3 in Betrieb genommen wird. Die Kondensationsturbine 10 kann nun über ihren Generator 11 den Strom erzeugen, der benötigt wird, um die Luftzerlegungsanlage 9 zu betreiben und die Gasturbine 1 - 3 anzufahren.

Zum Anfahren der Gasturbine wird bei beidseitig geöffneten Umschaltorganen 12 und 15 (d.h. Gas kann sowohl von 3 als auch von 13 über 12 in Richtung 4 strömen, bzw. von 4 über 15 sowohl in Richtung 16 als auch in Richtung 5) der Generator 8 motorisch angetrieben und der Brenner 2 mit Brennstoff und Sauerstoff aus der Luftzerlegungsanlage 9 in Betrieb genommen. Die Leistung der Hilfsbrenner 13 und Gebläse 14 wird kontinuierlich reduziert, bis die Abgase der Gasturbine eine ausreichend hohe Temperatur erreicht haben. Dann wird der Kreislauf mit Hilfe der Umschaltorgane 12 und 15 geschlossen. Alternativ kann die Anlage so ausgeführt werden, dass für das Anfahren der Gasturbine über ein weiteres Umschaltorgan 17 Umgebungsluft angesogen wird.

Nach Beendigung der Anfahrphase enthält der geschlossene Kreislauf zunächst ein typisches Verbrennungsgasgemisch mit hohem Stickstoff- und Sauerstoffgehalt. Um den Zustrom an Sauerstoff und Brennstoff auszugleichen, wird z.B. über den Hilfskamin 16 kontinuierlich ein Teil des im Kreislauf befindlichen Gases ausgeschleust. Nach kurzer Zeit nähert sich so die Zusammensetzung des Kreislaufgases einem stabilen Gleichgewicht mit den Hauptkomponenten Kohlendioxid und Wasser und die Anlage kann auf vollständig emissionsfreien Betrieb umgeschaltet werden.

Eine derartige modifizierte Kraftwerksanlage erlaubt ausserdem einen separaten Betrieb ausschliesslich des Dampfturbinenkreislaufes im Sinne eines Notstromaggregates. Dies kann beispielsweise notwendig werden, wenn die

Gasturbinenanlage auf Grund eines Ausfalls der Luftzerlegungsanlage 9 ausser Betrieb genommen werden muss oder die Gasturbinenanlage aus anderen Gründen stillgelegt werden muss.

Fig. 3 zeigt eine sinngemäss ausgerüstete Anlage in der Ausführung mit einer Gegendruckturbine. Diese Anlage enthält zusätzlich ein Umschaltorgan 18, mit dem der in der Gegendruckturbine teilentspannte Dampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in den Kühler 5 geleitet wird. Alternativ kann der teilentspannte Dampf vor der Verflüssigung auch zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers genutzt werden (dem Fachmann offensichtlich und daher in Fig. 3 nicht als zusätzliche Option schematisch dargestellt). Wird die Gasturbine 1-3 angefahren, so wird das Umschaltorgan 18 in seine normale Betriebsposition gebracht und der Dampf in der Gasturbine unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt. Da die Gegendruckturbine bei gleichem Brennstoffverbrauch der Hilfsbrenner 13 erheblich weniger Leistung liefert als die Kondensationsturbine nach Fig. 2, eignet sich dieser Aufbau zum Anfahren von Luftzerlegungsanlage und Gasturbine, ist aber weniger für den Notfallbetrieb geeignet.

Für den technisch versierten Fachmann ist offensichtlich, dass sich das oben beschriebene Verfahren nicht nur auf die beiden beschriebenen Prozesse anwenden lässt, sondern ebenso auf eine Vielzahl denkbarer Prozessvarianten, die dadurch gekennzeichnet sind, dass eine Gas- und eine Dampfturbine so kombiniert werden, dass das Arbeitsmedium der Gasturbine in einem zumindest teilweise geschlossenen Kreislauf mit oder ohne Kondensation gefahren wird, dem Kreislauf weitgehend reiner Sauerstoff als Oxydationsmittel zugeführt wird, und der benötigte Dampf im normalen Betrieb durch Nutzung der Abwärme der Gasturbine erzeugt wird.



## BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Verdichter
- 2 Brennkammer
- 3 Turbine
- 4 Abhitzeessel
- 5 Kühler, Kondensator
- 6 Kompressor
- 7 Kühler
- 8 Generator
- 9 Luftzerlegungsanlage
- 10 Kondensationsdampfturbine
- 11 Generator
- 12 Umschaltorgan
- 13 Hilfsbrenner
- 14 Gebläse
- 15 Umschaltorgan
- 16 Hilfskamin
- 17 Umschaltorgan
- 18 Umschaltorgan
- 19 Gegendruckturbine
- 20 Brennstoffzufuhr
- 21 Sauerstoffzufuhr
- 22 Welle
- 23 Leitung zum Abhitzeessel, Heissgaspfad

- 24 Speisewasserbehälter
- 25 Pumpe
- 26 Economizer
- 27 Dampftrommel
- 28 Verdampfer
- 29 Überhitzer
- 30 Kondensator
- 31 Pumpe
- 32 Abführleitung für Kohlendioxid
- 33 Abführleitung für Wasser
- 34 Frischluftzufuhr
- 35 Brennstoffzufuhr
- 36 variabler Heissgaspfad
- 37 variabler Abgaspfad
- 38 variabler Dampfpfad
- 39 Frischluftzufuhr, Frischluft
- 40 Leitung zum Kondensator 5, Abgaspfad

## PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftherzeugungsanlage aufweisend wenigstens einen Gasturbinenkreislauf mit Abhitzeessel (4) und wenigstens einen über den Abhitzeessel (4) betriebenen Dampfturbinenkreislauf, wobei der Gasturbinenkreislauf halb geschlossen und im wesentlichen emissionsfrei ausgebildet ist und im wesentlichen aus einem Verdichter (1), einer stromab des Verdichters (1) angeordneten Brennkammer (2), einer stromab der Brennkammer (2) angeordneten Gasturbine (3), einem stromab der Gasturbine (3) angeordneten Abhitzeessel (4), sowie wenigstens einem an die Gasturbine (3) angekoppelten Generator (8) besteht,  
  
dadurch gekennzeichnet, dass  
  
erste Mittel (12) angeordnet sind, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend Heissgas in den Heissgaspfad (23) zwischen Gasturbine (3) und Abhitzeessel (4) einzuschleusen, und dass zweite Mittel (15) angeordnet sind, welche es erlauben, alternativ oder ergänzend stromab des Abhitzeessels (4) Abgas aus dem Abgaspfad (40) auszuschleusen.
2. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den ersten und zweiten Mitteln (12, 15) um Umschaltorgane handelt, welche das Ein- respektive Ausschleusen insbesondere über das Umstellen von Luftklappen erlauben.
3. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche, alternativ oder ergänzend in den Heissgaspfad (23) einzuschleusende Heissgas von einem oder mehreren Hilfsbrennern (13) zur Verfügung gestellt wird, welche bevorzugt über ein Gebläse (14) mit Frischluft (34) versorgt werden.

4. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf handelt, bei welchem entstehendes  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  über entsprechende Mittel zur Kompression (6) und/oder Mittel zur Kühlung (7) aus dem Gasturbinenkreislauf insbesondere bevorzugt unmittelbar stromab des Verdichters (1) abzweigend und insbesondere in flüssiger und/oder überkritischer Form entfernt wird, und dass der Gasturbinenkreislauf insbesondere über eine Luftzerlegungsanlage (9) mit weitgehend reinem Sauerstoff versorgt wird.
5. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Luftzerlegungsanlage (9) um kryogene oder eine auf Membranverfahren basierende Anlage handelt.
6. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampfturbinenkreislauf im wesentlichen geschlossen ausgebildet ist und wenigstens eine Dampfturbine (10,19) und wenigstens einen daran angekoppelten Generator (11) aufweist, und dass der Dampfturbinenkreislauf unter alleiniger Verwendung von über die ersten Mittel eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger Ausschleusung über die zweiten Mittel derart betrieben werden kann, dass der Generator (11) genügend Energie erzeugt, um die Gasturbinenanlage (1-3) und eine ggf. vorhandene Luftzerlegungsanlage (9) in Betrieb zu nehmen, respektive um bei Ausfall der Gasturbinenanlage (1-3) als Notstromaggregat zu dienen.
7. Kraftherzeugungsanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für das Anfahren der Gasturbine ein weiteres Umschaltorgan (17) stromauf des Verdichters (1) angeordnet ist, über welches Umgebungsluft (39) angesaugt werden kann.

8. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der im Dampfturbinenkreislauf angeordneten Dampfturbine um eine Kondensationsturbine (10) handelt.
9. Kraftherzeugungsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Dampfturbinenkreislauf eine Gegendruckturbine (19) umfasst, deren teilentspannter Abdampf in der Gasturbine (3) nach Einspritzung in das Kreislaufmedium vor, in, und/oder nach der Brennkammer (2) unter Leistungsabgabe bis auf Umgebungsdruck entspannt wird, wobei insbesondere ein Umschaltorgan (18) vorgesehen ist, mit welchem der Abdampf an der Gasturbine vorbei direkt zur Verflüssigung in einen im Gasturbinenkreislauf angeordneten Kühler (5) geleitet werden kann.
10. Verfahren zur Inbetriebnahme einer Kraftherzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel (12) eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel (15) in Betrieb genommen wird, dann in einer zweiten Phase ein im Dampfturbinenkreislauf angeordneter Generator (11) den Generator (8) des Gasturbinenkreislaufs motorisch mit Strom zum Anfahren der Turbogruppe (1,3) antreibt, wobei der Verdichter (1) über eine stromauf angeordnete Luftklappe (17) und/oder über die in beide Richtungen geöffneten zweiten Mittel (15) Frischluft oder ein Verbrennungsgasgemisch ansaugt, durch die Brennkammer (2) fördert, in welcher ggf. unter zusätzlicher Zufuhr von weitgehend reinem Sauerstoff Brennstoff verfeuert wird, sodass die Turbine (3) den motorisch angetriebenen Generator (8) zu unterstützen beginnt, und schliesslich als alleiniger Antrieb dient, wobei die heißen Abgase der Gasturbine (3) sukzessive und am Ende vollständig die Dampferzeugung im Abhitzeessel (4) übernehmen.

11. Verfahren zur Inbetriebnahme einer Krafterzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst in einer ersten Phase der Dampfturbinenkreislauf mit über die ersten Mittel (12) eingeschleustem Heissgas bei gleichzeitiger wenigstens teilweiser Ausschleusung der Abgase über die zweiten Mittel (15) in Betrieb genommen wird, dass nach erfolgtem Selbstlauf der über eine stromauf des Verdichters (1) angeordnete Luftklappe (17) mit Luft als Ersatzmedium betriebenen Turbogruppe (1-3, 8) in einer zweiten Phase über die ersten und zweiten Mittel (12, 15) und die Luftklappe (17) der Gasturbinenkreislauf geschlossen und der Brennkammer (3) weitgehend reiner Sauerstoff als Oxidationsmittel zugeführt wird, wobei kontinuierlich Gas aus dem Kreislauf ausgeschleust wird, um die Zufuhr von Sauerstoff und Brennstoff zu kompensieren, und wobei sich die Zusammensetzung des umlaufenden Gases sukzessive einem Gleichgewicht nähert, in dem mit der Separation und Verflüssigung der Verbrennungsprodukte begonnen werden kann.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es sich beim Gasturbinenkreislauf um einen  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Gasturbinenkreislauf handelt, und dass die Separation und Verflüssigung von überschüssigem Kohlendioxid begonnen werden kann, indem das Kohlendioxid in einem Kompressor (6) auf den für die weitere Verwendung benötigten Druck gebracht und in einem Kühler (7) weiter getrocknet und verflüssigt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der nach der ersten Phase über den Generator (11) verfügbare Strom wenigstens teilweise zum Betrieb der Luftzerlegungsanlage (9) und damit zur Bereitstellung von weitgehend reinem Sauerstoff für den Verbrennungsprozess in der Brennkammer (2) verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass während oder nach der ersten Phase ein großer Teil der Anfahrleistung in Form von Wärme mit Hilfe der Hilfsbrenner (13) zur Verfügung gestellt wird.
15. Verfahren zum Betrieb einer Krafterzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei nicht betriebenen Gasturbinenkreislauf nur der Dampfturbinenkreislauf über die Einschleusung von Heissluft mit den ersten Mitteln (12) und über die Ausschleusung von Abgasen mit den zweiten Mitteln (15) betrieben wird, und dass so der im Dampfturbinenkreislauf angeordnete Generator (11) Strom insbesondere im Sinne eines Notstromaggregates zur Verfügung stellt.

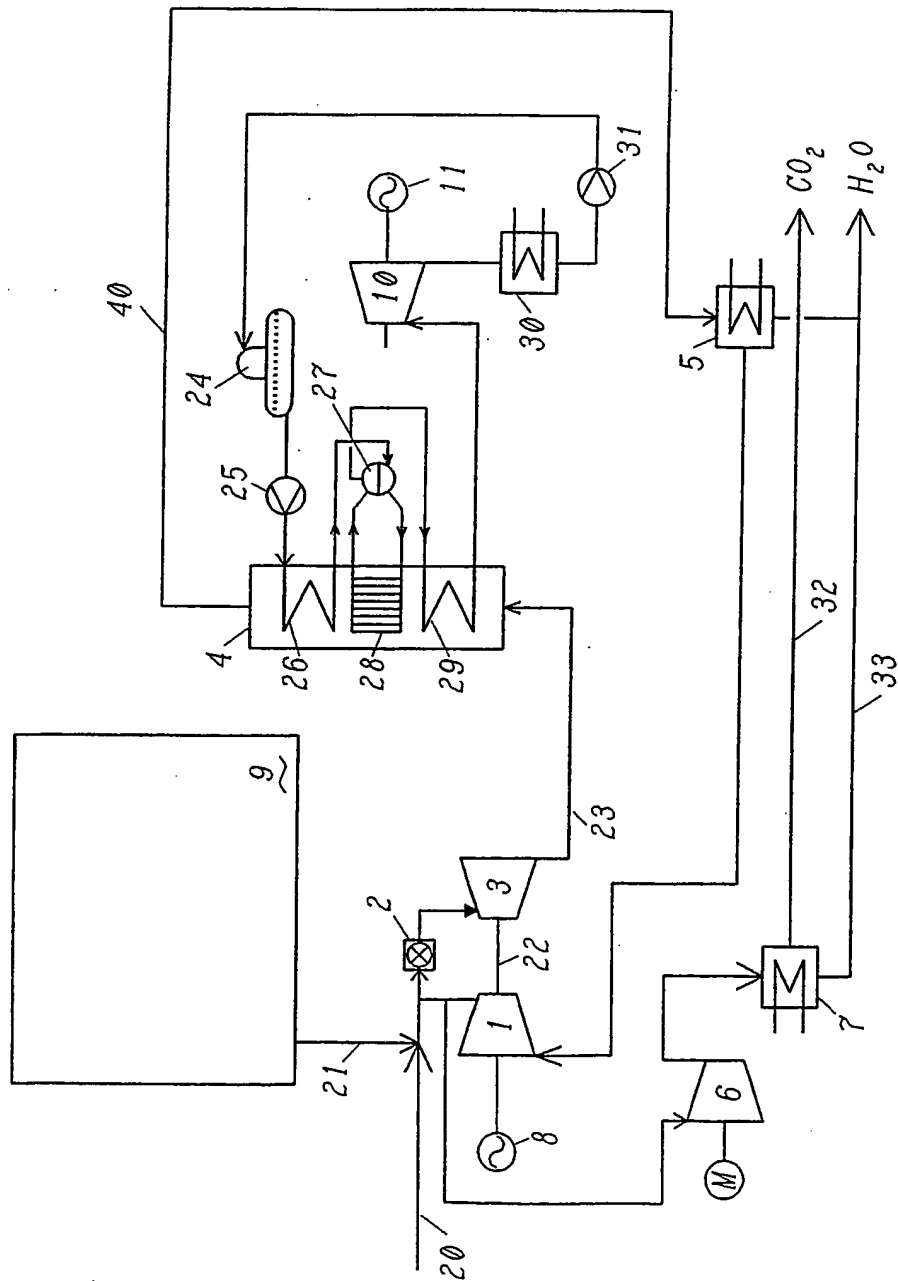


Fig. 1



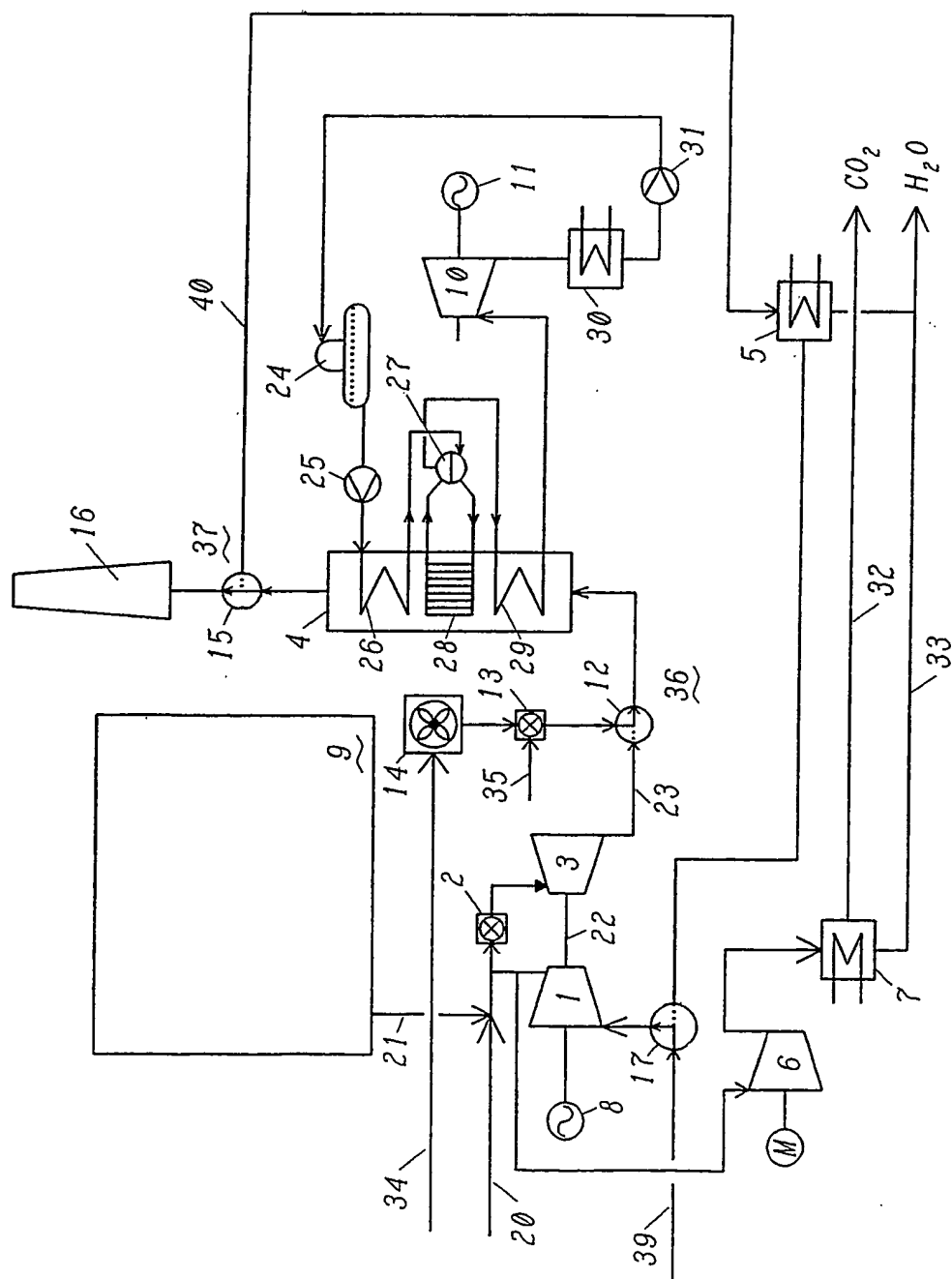


Fig. 2

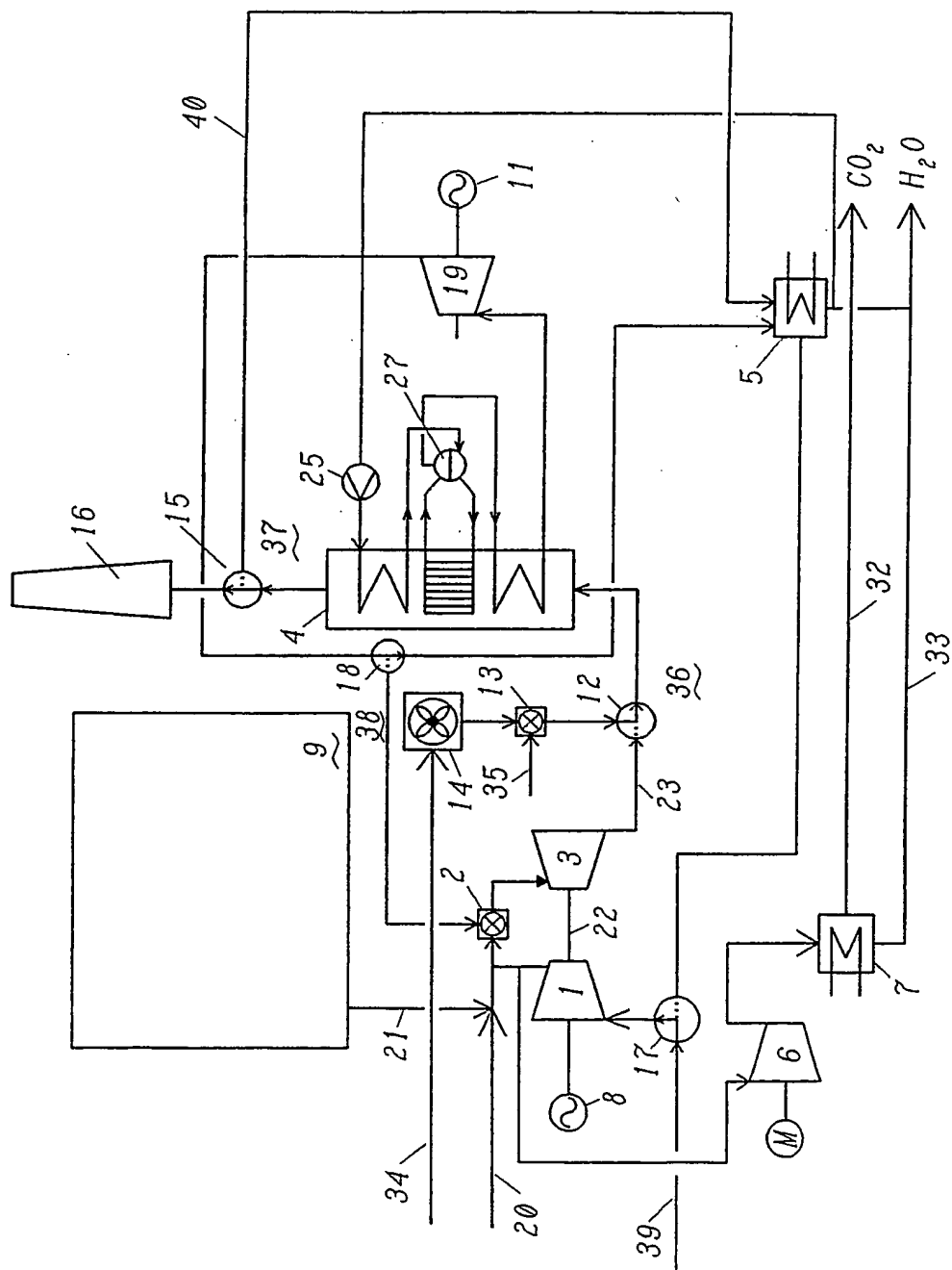


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 02/04006

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01K23/10 F01K21/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01K F02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 939 199 A (ASEA BROWN BOVERI) 1 September 1999 (1999-09-01) column 5, last line -column 6, line 38 column 3, line 44 - line 48; figure 3 ---	1
A	YULIN SHAO ET AL: "NATURAL GAS FIRED COMBINED CYCLE POWER PLANT WITH CO2 CAPTURE" ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB, vol. 36, no. 12, 1 December 1995 (1995-12-01), pages 1115-1128, XP000529061 ISSN: 0196-8904 page 1118, line 17 - line 26 page 1126, last paragraph -page 1127, line 2; figure 2 --- -/--	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 December 2002

Date of mailing of the international search report

11/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Gheel, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IB 02/04006

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 25957 A (LEISTE VOLKER ;GANZER WINFRIED (DE); SCHMID ERICH (DE); SIEMENS AG) 27 May 1999 (1999-05-27) page 9, line 19 - line 34; figure 1 -----	1
A,P	WO 01 90548 A (VITERI FERMIN ;ANDERSON ROGER E (US); CLEAN ENERGY SYSTEMS INC (US) 29 November 2001 (2001-11-29) page 23, line 25 -page 24, line 20; figure 5 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 02/04006

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0939199	A	01-09-1999	EP 0939199 A1	01-09-1999
			JP 2000064854 A	29-02-2000
			NO 990761 A	26-08-1999
			US 2001042367 A1	22-11-2001
WO 9925957	A	27-05-1999	AU 1868799 A	07-06-1999
			WO 9925957 A1	27-05-1999
WO 0190548	A	29-11-2001	AU 7682301 A	03-12-2001
			WO 0190548 A1	29-11-2001
			US 2002100271 A1	01-08-2002
			US 2002096660 A1	25-07-2002
			US 2002023423 A1	28-02-2002

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 F01K23/10 F01K21/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01K F02C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 939 199 A (ASEA BROWN BOVERI) 1. September 1999 (1999-09-01) Spalte 5, letzte Zeile - Spalte 6, Zeile 38 Spalte 3, Zeile 44 - Zeile 48; Abbildung 3	1
A	YULIN SHAO ET AL: "NATURAL GAS FIRED COMBINED CYCLE POWER PLANT WITH CO2 CAPTURE" ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB, Bd. 36, Nr. 12, 1. Dezember 1995 (1995-12-01), Seiten 1115-1128, XP000529061 ISSN: 0196-8904 Seite 1118, Zeile 17 - Zeile 26 Seite 1126, letzter Absatz - Seite 1127, Zeile 2; Abbildung 2	1

---  
-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E' Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Dezember 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/12/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Gheel, J

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04006

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 99 25957 A (LEISTE VOLKER ;GANZER WINFRIED (DE); SCHMID ERICH (DE); SIEMENS AG) 27. Mai 1999 (1999-05-27) Seite 9, Zeile 19 - Zeile 34; Abbildung 1 ----	1
A,P	WO 01 90548 A (VITERI FERMIN ;ANDERSON ROGER E (US); CLEAN ENERGY SYSTEMS INC (US) 29. November 2001 (2001-11-29) Seite 23, Zeile 25 -Seite 24, Zeile 20; Abbildung 5 -----	1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0939199	A	01-09-1999	EP	0939199 A1	01-09-1999
			JP	2000064854 A	29-02-2000
			NO	990761 A	26-08-1999
			US	2001042367 A1	22-11-2001
<hr/>					
WO 9925957	A	27-05-1999	AU	1868799 A	07-06-1999
			WO	9925957 A1	27-05-1999
<hr/>					
WO 0190548	A	29-11-2001	AU	7682301 A	03-12-2001
			WO	0190548 A1	29-11-2001
			US	2002100271 A1	01-08-2002
			US	2002096660 A1	25-07-2002
			US	2002023423 A1	28-02-2002
<hr/>					